

アスファルト舗装の熱的性質と力学的挙動に関する研究

著者	村井 貞規
号	716
発行年	1983
URL	http://hdl.handle.net/10097/11665

氏 名	むら い さだ のり 村 井 貞 規
授 与 学 位	工 学 博 士
学 位 授 与 年 月 日	昭 和 59 年 3 月 14 日
学 位 授 与 の 根 拠 法 規	学 位 規 則 第 5 条 第 2 項
最 終 学 歴	昭 和 49 年 3 月 東北大学大学院工学研究科土木工学専攻 修士課程修了
学 位 論 文 題 目	アスファルト舗装の熱的性質と力学的挙動に関する研究
論 文 審 査 委 員	東北大学授教 福田 正 東北大学授教 佐武 正雄 東北大学授教 尾坂 芳夫 東北大学授教 須田 颯

論 文 内 容 要 旨

我が国におけるアスファルト舗装は、近年著しく施工延長が延び、これにともない破損が問題となってきた。本論文はこのようなアスファルト舗装の破損現象の解明と、その設計上の対策を目的として、アスファルト舗装の力学的挙動を理論的かつ現象論的に研究したものである。特にアスファルト舗装は、温度条件によってその力学的な挙動が異なることから、アスファルト舗装の熱的性質に着目して検討を行なった。

本研究においては、まずアスファルト舗装の実態を把握することが重要であることから、アスファルト舗装に関しての調査資料を全国的に収集し、これに対して統計的な分析を行なった。この結果より破損現象とその環境要因、設計要因などとの関係を明らかにした。アスファルト舗装が受ける温度条件に関しては、気象条件との相関関係を観測結果から分析した。さらに舗装材料の熱定数の測定、多層構造体としての温度分布に関する数値解析などを通して、アスファルト舗装の熱的特性を明らかにした。

温度条件によるアスファルト舗装の力学的挙動に関して、種々の温度領域におけるアスファルト混合物の材料試験を実施して、その力学的性質を明らかにし、さらに層構造体としての挙動を実験的、理論的に検討した。

最後にこれらの結果を基に、アスファルト舗装の構造的機能に関して総合的に評価を行なうとともに、その合理的設計法について本研究の範囲内で提言を試みた。

本論文は6章より構成されている。

第1章 序 論

本章ではアスファルト舗装の構造に関する問題点と従来の研究について述べ、本研究の目的と内容を示した。

第2章 アスファルト舗装の破損状況

アスファルト舗装の破損には、きわめて多くの形態が存在し、その原因についても多数の要因が関係していると考えられるが、この破損現象を取扱う統一的な手法は確立されていないのが現状である。そこで本章ではアスファルト舗装の破損状況に関する調査資料を全国的に収集し、破損と環境および設計要因との関係を数量化理論により統計的に分析することを試みた。

アスファルト舗装の破損現象として、その供用性に最も影響を与えるひびわれおよび永久変形（わだちぼれ）について検討した。舗装の破損に関係する環境要因として、経年数、全交通量、大型車交通量、舗設地域を設計要因として、アスファルト混合物層厚、路盤厚、路床C B R、表層混合物の種類などを採用した。これらの要因に関して分析した結果、ひびわれが卓越しているアスファルト舗装は、混合物層厚、路盤厚が薄く、交通量の少ない軽あるいは中規模の交通を対象とした舗装であることが示された。これに対してわだちぼれが卓越しているアスファルト舗装は、混合物層厚、路盤厚が比較的厚い、重交通を対象とした舗装であることが示された。

さらに破損に及ぼす要因の影響を定量的に明らかにするために、わだちぼれを被説明変量、前述の環境および設計要因を説明変量として数量化理論を適用して分析した。これによりわだちぼれの回帰予測式を示し、また各要因のわだちぼれに対する寄与の程度を明らかにした。この結果、交通供用の経年数とアスファルト混合物層厚などがわだちぼれの増加に大きな影響を与えていることが判明した。

第3章 アスファルト舗装の温度分布と熱的性質

アスファルト舗装は、温度条件によりその力学的挙動が複雑に変化する。本章ではこのアスファルト舗装の温度条件について実験および解析を行ない、表面温度変化によるアスファルト舗装内部の温度変化の特性を明らかにした。

アスファルト舗装内温度分布測定のために試験舗装を舗設し、舗装内温度分布とその気象条件について長期的な測定を行ない、その結果から舗装内部における温度状態を統計的に明らかにした。舗装表面温度と気温の関係について、舗装表面の最高温度と最高気温、最低温度と最低気温についての相関、さらに日射量を考慮した場合の相関について重回帰分析によって求めた。この結果から気温、日射量などの気象条件によって、舗装表面温度を推定することが可能であることを示した。

次に試験舗装材料の熱定数値を測定し、この結果を用いて多層構造内の温度分布を理論的に求め実測値と比較検討した。熱定数の測定は従来の円柱供試体による方法と、舗装材料の特性を考慮したより実際の転圧状態に近い平板供試体による方法を考案して試みた。その結果、平板供試体による方法は、円柱供試体による方法よりも舗装材料の熱定数の測定法として適切であることが判明した。

実験より得られた熱定数値を用い、熱拡散式を層構造体として解くことによって、アスファルト舗装内の温度分布を求めた。実際の表面温度変化の波形を級数近似によって表わすことにより、高精度の解析が可能になった。この結果から舗装表面温度を気象条件から推定し、さらに本解析を導入することにより、アスファルト舗装内の温度分布が得られることを示した。

第4章 温度変化を受けたアスファルト舗装の力学的挙動

本章では広範な温度変化を受けるアスファルト混合物の力学的特性およびこれに基づくアスファルト舗装の力学的挙動について検討を行なった。

アスファルト舗装における表層の挙動を明らかにするためにこれを2層構造のモデルにより近似し、2層間の弾性率の変化による上層の応力状態を光弾性実験によって検討した。これによりアスファルト舗装の低温時に相当する、上層・下層の弾性率の比が大きい場合は、上層下面は圧縮－引張の応力状態にあり、一方アスファルト舗装の高温、常温時に相当する上層・下層の弾性率の比が小さい場合は、圧縮－圧縮の応力状態となることを示した。

低温時におけるアスファルト混合物の破壊挙動を明らかにするために、比較的ひずみ速度の遅い領域での1軸圧縮試験、単純曲げ試験を行なった。この結果から温度条件とひずみ速度条件の影響を示し、また各条件におけるアスファルト混合物のスチフネス（弾性率）を明らかにした。

前述のように低温時においては、アスファルト舗装上層下面には圧縮－引張の組合せ応力が生じることから、この組合せ応力状態によるアスファルト混合物の材料試験を行ない、その力学的な挙動を明らかにした。すなわちアスファルト混合物層下面でのひずみ挙動について、非線形性が卓越する降伏点ひずみを、先に求めたスチフネスによる応力に変換した結果、アスファルト混合物の降伏現象は組合せ応力の影響を受けることが判明した。一方組合せ応力を受けるアスファルト混合物の破壊時のひずみは、この組合せ応力とは無関係に、最大引張ひずみによって決定されることが判明した。

次にアスファルト舗装における常温から高温領域にかけての力学的挙動を解明する目的で、1軸圧縮によるクリープ試験を行ない、その変形に与える温度条件の影響を明らかにした。各温度条件についてクリープコンプライアンスを求め、変形特性を表わすマスターカーブを示した。さらにこれらの結果からアスファルト混合物の変形挙動を粘弾性モデルで表わした場合の粘弾性定数を、各温度条件について示した。これらの値を用いて、アスファルト舗装構造の載荷重による変形挙動を解析的に求め、温度条件およびアスファルト混合物層厚が、わだちばれ変形量に与える影響を定量的に表現した。

第5章 アスファルト舗装の構造的機能の評価

本章ではアスファルト舗装の構造的機能を総括的に評価し、我が国の設計法の問題点を指摘した。また本研究で得られた諸知見とアスファルト舗装の設計システムとの関わりについて述べた。

アスファルト舗装の荷重伝達機構について理論的に考察を行なうために3層構造の弾性論による解析を行ない、アスファルト舗装の層構造としての特質とその力学的挙動との関係について検討した。この結果アスファルト混合物と路盤の弾性率の比がアスファルト混合物内の応力状態に大きな影響を与えることを示し、温度条件との関連から考察を加えた。すなわち低温領域においては、アスファルト

ト混合物の弾性率が大きくなり、混合物層下面に引張応力が生じる。これは特に混合物層厚が薄い場合はこの傾向が著しくなることから、第2章で述べたひびわれ現象の説明になる。一方高温領域では、弾性率が小さくなり、アスファルト混合物層には圧縮応力のみが生じる。さらにこの温度領域では混合物の非線形性が卓越することにより変形量が増加する。このことは第2章におけるわだちぼれ現象の説明になる。

次に我が国のアスファルト舗装設計に関して現行の設計法の基礎になっている輪荷重および舗装構成に関する等値換算の概念、温度条件などについて本研究の結果をふまえてその問題点を指摘した。

最後に、アスファルト舗装の構造設計に関して、理論解析と経験的方法を組み合わせた設計システムの基本概念を提言した。本設計システムは、アスファルト混合物層、路盤、路床について、舗装材料および舗装構造としての検討を行なうこと、破損に対する分析として供用性に関する評価を行なうこと、設計の最適化を行なうこと、の一連の手順によりアスファルト舗装の設計を行なうものであり本研究で得られた知見との関係を示し説明を加えた。

第6章 結 論

本章では本研究で得られた結果を総括し要約している。

審 査 結 果 の 要 旨

近年、アスファルト舗装の施工量の増加に伴ない、その破損現象の解明が重要になってきている。アスファルト舗装は温度条件によって異なった力学的挙動を示し、破損現象はその熱的性質と密接な関係を持っている。本論文はこの点に着目して、アスファルト舗装の破損現象の解明とその設計上の対策を目的として、アスファルト舗装の力学的挙動の研究を行なったもので、全編6章よりなる。

第1章は序論である。

第2章はアスファルト舗装の破損に関して収集した調査資料の分析結果を述べたもので、アスファルト舗装の一般的な破損現象である路面変形、ひび割れと、交通量、舗設地域差、舗装構造などとの関係を統計的に明らかにした。特に重交通の舗装における路面変形、いわゆる輪だち掘れ現象が現行設計法に基づいた舗装構造に関係があることなど貴重な指摘を行なっている。

第3章ではアスファルト舗装の温度変化の長期観測結果と、舗装材料の熱的性質に関する特性値など実用的価値の高い資料を提示するとともに、アスファルト舗装の温度分布を理論的に解析する方法を示している。

第4章では温度変化を受けたアスファルト混合物およびアスファルト舗装の力学的挙動について論じている。まず低温時におけるアスファルト混合物層内の応力状態を検討し、この状態を再現した圧縮－引張りの組合せ応力によるアスファルト混合物の変形、強度実験を試みている。この結果、アスファルト混合物の降伏点は組合せ応力の影響を受けるが、その破壊点は最大引張りひずみのみに依存することなど、アスファルト混合物の変形、強度特性に関して有用な知見を得ている。また常温、高温時におけるアスファルト混合物の粘弾性特性を実験モデルで表し、これを用いて温度に依存したアスファルト舗装の変形挙動を予測する実用的解析方法を示している。

第5章では本研究の総括として、得られた諸知見を基にアスファルト舗装の構造的特質を論じ、さらに本研究の成果を導入したアスファルト舗装構造の設計システムを提示している。

第6章は結論である。

以上要するに本論文は、アスファルト舗装の力学的挙動をその熱的性質の観点から理論的、実験的に解明し、その成果の実用設計への応用を論じたもので、土木工学の発展に寄与するところが少なくない。

よって、本論文は工学博士の学位論文として合格と認める。